

## БЫСТРАЯ ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ Ni/Si

С.В. Канныкин<sup>1)</sup>, О.В. Сербин<sup>1)</sup>, С.Б. Кушев<sup>1)</sup>, М.И. Маркевич<sup>2)</sup>, А.М. Чапланов<sup>2)</sup>,  
В.А. Солодуха<sup>3)</sup>, Я.А. Соловьев<sup>3)</sup>, О.Э. Сарычев<sup>3)</sup>, А.Г. Короза<sup>4)</sup>, П.П. Першукевич<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>Воронежский государственный технический университет,  
Московский пр., 14, Воронеж, 394026, Россия

<sup>2)</sup>Физико-технический институт НАН Беларуси,

ул. Купревича, 10, Минск, Беларусь, [chap@inel.bas-net.by](mailto:chap@inel.bas-net.by)

<sup>3)</sup>ОАО «ИНТЕГРАЛ» - управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»,  
ул. Казинца И.П., 121А, Минск, 220108, Беларусь

<sup>4)</sup>Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси,  
пр. Независимости, 68, Минск, Беларусь

Приведены результаты электронографических исследований и оптических свойств силицидов никеля, полученных быстрой термической обработкой (БТО) гетероструктуры Ni-5%Pt/Si. Определены коэффициенты отражения тонких пленок NiSi и Ni<sub>2</sub>Si, полученных в результате БТО слоистой структуры Ni-5%Pt/Si на кремниевых подложках ориентации (100). Показано, что различие в спектрах отражения связано с различным фазовым составом силицидов.

### Введение

Создание нового поколения элементной базы для микроэлектроники основывается в большой степени на использовании различных наноразмерных и наноструктурированных материалов с требуемыми свойствами [1-3, 6, 7]. Среди таких материалов можно отметить тонкие пленки силицидов никеля. Тонкие проводящие слои силицида никеля (NiSi) начинают широко использовать в комплементарных МОП структурах в качестве электрода или контактного слоя, поскольку они характеризуются очень низким удельным сопротивлением и низким контактным сопротивлением как на n-, так и на p-легированном кремнии [4, 5]. Известно также, что другое соединение никеля с кремнием – Ni<sub>2</sub>Si имеет более высокое удельное сопротивление, которое также может образовываться в процессе БТО из пленки NiSi, существенно ухудшая проводимость. В данной работе рассматривается БТО слоистой структуры Ni-5%Pt/Si с применением ксеноновых ламп.

### Основная часть

Силициды никеля формировались методом твердофазной реакции пленок никеля с кремнием. Общая последовательность проведения процесса заключалась в очистке кремниевой пластины от слоев естественного окисла, нанесении на поверхность пластины пленок Ni-5%Pt и проведении твердофазной реакции образования силицида в области контакта металла с кремнием методом БТО. В качестве исходных подложек использовали пластины монокристаллического кремния ориентации (100).

Быстрая термическая обработка излучением ксеноновых лам системы Ni-5%Pt/Si проводилась в диапазоне плотностей энергии от 100 до 370 Дж/см<sup>2</sup> и длительностей импульса 1.2-2.6 с. В установке УОЛП-1М нагрев кремниевых пластин осуществляется излучением трех газоразрядных ксеноновых ламп ИНП 16/250. Установка состоит из трех блоков питания ламп ИНП 16/250, блока управления, кварцевого облучателя, блока контакторов и модернизированной камеры для отжига кремниевых подложек в вакууме при остаточ-

ном давлении  $3 \cdot 10^{-3}$  Па. Для обеспечения воспроизводимости технологических результатов на установке предусмотрено автоматическое поддержание заданного уровня энергетической экспозиции на обрабатываемой пластине независимо от колебания напряжения питающей сети и изменения параметров ламп за счет введения обратной связи по излучению ламп. Наружная поверхность кварцевого реактора покрыта диффузионным отражающим покрытием, практически не изменяющимся во всем спектральном диапазоне излучения ксеноновых ламп с коэффициентом отражения 0.9. Схема реактора показана на рис. 1.

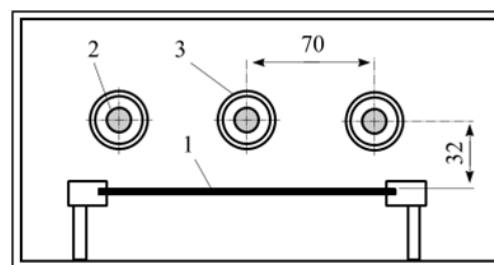


Рис. 1. Сечение реактора из нержавеющей стали установки БТО УОЛП - 1М: 1 – обрабатываемая кремниевая пластина, 2 - лампы ИНП 16/250, 3 - кварцевая трубка.

Исследования фазовых превращений в исследуемых системах проводились на электронографе ЭМР-102. Для идентификации электронограмм использовали базу данных «The International Centre for Diffraction Data». Измерение спектров ИК – отражения образцов производилось на ИК Фурье спектрометре NEXUS 470 (Nicolet Instrument, USA) общепринятым методом отражения-поглощения (R-A) с помощью приставки Micro Specular Reflectance Accu-2x (Perkin Elmer, USA) под углом 20° к нормали. На рис. 2 представлены электронограммы от исследуемых соединений. Используя методы быстрой термической обработки, были получены монофазные поликристаллические пленки силицидов никеля –

NiSi. Используя методы быстрой термической обработки, были получены монофазные поликристаллические пленки силицидов никеля - NiSi, Ni<sub>2</sub>Si (рис. 2).

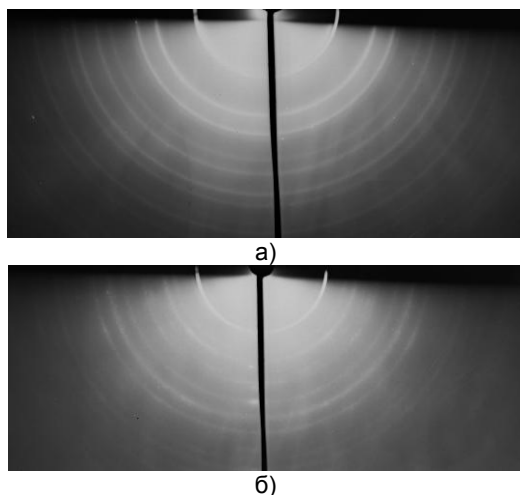


Рис. 2. Электрограммы от а) Ni<sub>2</sub>Si, б) NiSi.

На рис. 3 представлены ИК – спектры отражения образцов NiSi, Ni<sub>2</sub>Si.

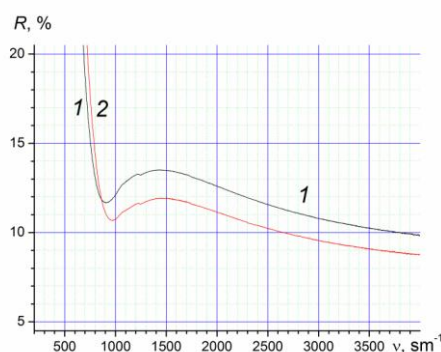


Рис. 3. Спектры отражения от образцов: 1-Ni<sub>2</sub>Si, 2- NiSi.

Проведенные измерения спектров отражения позволили выявить основные закономерности в изменении  $R(\nu)$ .

Из анализа спектров следует, что в диапазоне волновых чисел 500 - 800 см<sup>-1</sup> наблюдается

уменьшение коэффициента отражения примерно до 11% и 12% для обоих силицидов. Затем коэффициенты отражения увеличиваются до 14% для Ni<sub>2</sub>Si и 12% для NiSi (максимумы на кривой отражения), затем кривые монотонно спадают в области волновых чисел 1500 - 3500 см<sup>-1</sup>. Обращает на себя внимание факт, что минимумы отражения сдвинуты относительно друг друга примерно на 100 см<sup>-1</sup>, что связано с различным фазовым составом силицида никеля. Таким образом, изменяя состав пленок можно регулировать коэффициенты отражения.

### Заключение

В результате анализа спектров отражения света определены коэффициенты отражения тонких пленок NiSi и Ni<sub>2</sub>Si, полученных в результате БТО слоистой структуры Ni-5%Pt/Si на кремниевых подложках ориентации (100). Установлено, что различие в спектрах отражения связано с различным фазовым составом силицидов. Показано, что различные значения минимумов коэффициентов отражения позволяют определить пленки разного фазового состава.

Анализ экспериментальных данных показывает, что БТО с использованием ксеноновых ламп позволяет сформировать слой низкоомного силицида никеля NiSi.

### Список литературы

1. Самсонов Г.В., Дворина Л.А., Рудь Б.М. Силициды. М.: Металлургия, 1979. 271 с.
2. Hoummada K. [et al.] //J. Appl. Phys. 2009. V. 106. P. 06351/1- 06351/9.
3. Гулдстейн Д. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ. М.: Мир, 1984. 303 с.
4. Качурина Е.Е., Мякинченко В.И., Щеглов В.В. // Обзоры по электрон. Технике. Сер. Полупроводниковые приборы. М., 1982. Вып.7.С.54.
5. Мьюрарка Ш. Силициды для СБИС. М.: Мир,1986. 176 с.
6. Анищик В. М. Горушко В.А., Пилипенко В.А., Пономарь В.Н., Понарядов А.А., Пилипенко И.В. Физические основы быстрой термообработки. Минск. БГУ, 2000.135 С.
7. Куцев С.Б., Маркевич М.И., Чапланов А.М., Щербатова Е.Н. // Металлофизики и новейшие технологии. 2011. Т.33. №7. С. 937-944.

## RAPID THERMAL TREATMENT OF Ni/Si HETEROSTRUCTURE

S.V. Kannikin<sup>1)</sup>, O.V.Serbin<sup>1)</sup>, S.B. Kushev<sup>1)</sup>, M.I. Markevich<sup>2)</sup>, A.M. Chaplanov<sup>2)</sup>, V.A. Soloduhu<sup>3)</sup>, Ya.A. Solovyov<sup>3)</sup>, O.E. Sarychev<sup>3)</sup>, A.G. Koroza<sup>4)</sup>, P.P. Pershukovich<sup>4)</sup>,

<sup>1)</sup>Voronezh State University, Moskovskii Prospect 14, Voronezh 394006, Russia.

<sup>2)</sup>National Academy of Sciences of Belarus, Physical-Technical Institute, Kuprevich St.10, 220141 Minsk, Belarus

<sup>3)</sup>JSC "Integral" - managing company "Integral" 220108, Minsk, ul. Kazintsa IP, 121A, Belarus

<sup>4)</sup>Institute of Physics. B.I Stepanova, National Academy of Sciences of Belarus, 68 Nezavisimosti ave., Minsk, Belarus

In the paper the results of phase composition, the structure of compound silicide of nickel of Ni/Si heterosystem, synthesized by pulse photon treatment are presented.

The results of electron diffraction studies and optical properties of nickel silicides obtained by rapid thermal annealing (RTA) heterostructure Ni-5%Pt/Si. Determine the reflection coefficients of thin films NiSi and Ni<sub>2</sub>Si resulting RTA layered structure Ni-5% Pt/Si for silicon substrates (100) orientation. It is shown that the difference in reflection spectra is associated with a different phase structure silicide.